Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 5, Dec.-Jan. 2024, p. 559-572

Investigation of Ultrasound and Coating with Wild Sage and Xanthan Gums Pretreatments on the Quality, Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Sensory Properties of Dried Cornelian Cherry by Infrared Method

M. Inanloodoghouz[1], F. Salehi[2*], M. Karami[2], A. Gohari Ardabili[3]

1, 2 and 3- M.Sc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: F.Salehi@Basu.ac.ir)

Received:	08.02.2024	**How to cite this article:** Inanloodoghouz, M., Salehi, F., Karami, M., & Gohari Ardabili, A. (2024). Investigation of ultrasound and coating with wild sage and xanthan gums pretreatments on the quality, phenolic compounds, antioxidant activity, and sensory properties of dried cornelian cherry by infrared method. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 20*(5), 559-572. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.86757.1315
Revised:	17.04.2024	
Accepted:	02.05.2024	
Available Online:	21.11.2024	

Introduction

Fruits have a limited harvest season, and the amount of their waste is significant. Drying extends the shelf life of food, and the infrared dryer reduces the time and cost of the drying process. In this study, the effect of sonication at different powers and temperatures along with edible coating with xanthan and wild sage seed gums on the drying process of cornelian cherry by an infrared dryer was investigated.

Material and Methods

Solutions of xanthan and wild sage seed gums were used for coating of fresh cornelian cherry. Xanthan gum powder (food grade) was purchased from FuFeng Co. (China). Wild sage seed gum was extracted and used in powder form after drying and grinding to prepare the gum solution. In this study, various concentration of gums solutions (xanthan and wild sage seed) were first prepared in a graduated glass beaker and placed in an ultrasonic bath (Backer vCLEAN1-L6, Iran). The fruits were immersed in the gum solutions (inside the beakers) and sonicated for 5 min (40 kH). Infrared dryer with an infrared radiation source (250 W, near-infrared (NIR), Noor Lamp Company, Iran) was used for drying samples. The distance of samples from the radiation lamp was 10 cm. After each pretreatment (sonication and coating), the samples were dried, until reaching a constant weight. The mass changes of samples were recorded using a Lutron GM-300p digital balance (Taiwan). The rehydration tests were conducted with a water bath (R.J42, Pars Azma Co., Iran). Dried samples were weighed and immersed for 30 minutes in distilled water in a 200 ml glass beaker at 50°C. Then, the extra moisture was drained for 30 s and the samples were re-weighed. The rehydration ratio values (%) of dried samples were determined as the ratio of the final weight of rehydrated samples over the dried samples weight × 100. The color of the cornelian cherry was calculated by determining the lightness (L^*) and chromaticity (redness (a^*) and yellowness (b^*)), and was measured using a scanner (Hp Scanjet 300, China) and Image J software (V.1.42e, USA). The Folin-Ciocalteu (Folin-Ciocalteu's phenolics reagent, Sigma-Aldrich, USA) method was followed for measuring the total phenolics content of dried cornelian cherry. The absorbance of samples (765 nm, UV-VIS spectrophotometer, XD-7500, Lovibond, Germany) was compared with the Gallic acid standard curve. The results were expressed as mg GAE/g dry matter. Effect of applied power by the ultrasonic device at three levels of 0, 75, and 150 W and the effect of temperature at three levels of 20°C, 40°C, and 60°C on the rehydration and total color difference index of dried cornelian cherry were investigated. Also, the effect of coating with xanthan and wild sage seed gums on preserving phenolic compounds, antioxidant activity, and sensory properties of the product was evaluated.

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.86757.1315

Results and Discussion

The average drying time of uncoated cornelian cherry, coated with xanthan gum, and wild sage gum was 62 min, 48.7 min, and 48.4 min, respectively. The examined treatments in this research did not have a significant effect on rehydration change of the dried product. Ultrasonic pretreatment at both 75 and 150 W powers had a decreasing effect on the color changes, which indicates improvement of color and prevention of color change and decrease in desirability. The effect of coating on color changes was also investigated, and the amount of color changes in the uncoated, coated with xanthan gum and wild sage seed gum samples was equal to 26.71, 26.02, and 31.36, and there was no significant difference between them ($p>0.05$). Using wild sage seed gum preserved more of phenolic and antioxidant compounds. The total phenolics content of fresh cornelian cherry, and dried samples including market, without coating, coated with xanthan gum, and coated with wild sage seed gum was 23.0, 4.7, 0.8, 9.8, and 12.1 mg gallic acid/g, respectively. The market sample had a significant difference with other dried samples dried by infrared ($p<0.05$). The sample from the market had the least DPPH radical scavenging activity ($p<0.05$). The market sample scored as the lowest sensory evaluation and had a significant difference with all samples in all sensory attributes ($p<0.05$).

Conclusion

From the panelist’s point of view, the sample coated with wild sage seed gum was the best sample, and the highest score for sensory parameters and overall acceptance was associated with this sample.

Keywords: Antioxidant, Color change, Phenolic compounds, Sensory evaluation, Wild sage seed gum

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۵، آذر-دی ۱۴۰۳، ص. ۵۵۹-۵۷۲

بررسی پیش‌تیمارهای فراصوت و پوشش‌دهی با صمغ‌های مرو و گزانتان بر کیفیت، ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات حسی زغال‌اخته خشک‌شده به روش فروسرخ

معین ینانلودوقوز[۱]- فخرالدین صالحی[۲*]- مصطفی کرمی[۲]- اشرف گوهری‌اردبیلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲

چکیده

خشک‌کردن باعث افزایش مدت ماندگاری مواد غذایی می‌شود و خشک‌کن فروسرخ زمان و هزینه فرآیند خشک‌کردن را کاهش می‌دهد. در این مطالعه اثر تیماردهی با فراصوت همراه با پوشش‌دهی بر فرآیند خشک‌شدن زغال‌اخته توسط خشک‌کن فروسرخ بررسی شد. ابتدا تأثیر توان اعمال شده توسط دستگاه فراصوت در سه سطح ۰، ۷۵ و ۱۵۰ وات و اثر دمای فراصوت در سه سطح ۲۰°C، ۴۰°C و ۶۰°C بر آبگیری مجدد و شاخص تغییرات کلی رنگ زغال‌اخته خشک‌شده بررسی شد. سپس اثر پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و دانه مرو بر حفظ ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات حسی محصول ارزیابی گردید. متوسط زمان خشک شدن زغال‌اخته بدون پوشش، پوشش داده شده با صمغ گزانتان و صمغ دانه مرو به ترتیب برابر ۶۲ دقیقه، ۴۸/۷ دقیقه و ۴۸/۴ دقیقه بود. تیمارهای بررسی‌شده (توان فراصوت، دمای فرآیند و نوع پوشش) در این پژوهش تأثیر معنی‌داری بر تغییر آبگیری مجدد محصول خشک‌شده نداشتند. پیش‌تیمار فراصوت در هر دو توان ۷۵ و ۱۵۰ وات سبب کاهش تغییرات کلی رنگ شد که حاکی از بهبود رنگ و جلوگیری از تغییر رنگ و کاهش بازارپسندی می‌باشد. میزان تغییرات رنگ در نمونه‌های بدون پوشش، با پوشش صمغ گزانتان و صمغ دانه مرو برابر با ۲۶/۷۱، ۲۶/۰۲ و ۳۱/۳۶ بود که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت (p>۰/۰۵). استفاده از صمغ دانه مرو باعث حفظ بیشتر ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی شد. مقدار فنل کل زغال‌اخته تازه (خشک نشده)، و نمونه‌های خشک‌شده بازاری، بدون پوشش، با پوشش صمغ گزانتان و با پوشش صمغ دانه مرو به‌ترتیب برابر ۲۳/۰، ۴/۷، ۸/۰، ۹/۸ و ۱۲/۱ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم بودند و نمونه بازاری اختلاف معناداری با سایر نمونه‌های خشک شده توسط فروسرخ داشت (p<۰/۰۵). از نظر ارزیاب‌های حسی، نمونه پوشش داده شده با صمغ دانه مرو بهترین نمونه بود و بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی و پذیرش کلی، مربوط به این نمونه بود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنلی، تغییر رنگ، صمغ دانه مرو

مقدمه

امروزه با توجه به اثبات ویژگی‌های تغذیه‌ای و مفید بودن میوه‌ها بر سلامتی انسان و همچنین پیشگیری از بیماری‌های مختلف، توجه و تمرکز به مصرف میوه و محصولات سالم تهیه شده از آنها افزایش‌یافته است. یکی از مهمترین روش‌های فرآوری سبزی‌ها و میوه‌ها، خشک‌کردن آنها است که باعث تسهیل حمل‌ونقل، افزایش قابلیت نگهداری و کاهش فعالیت‌های میکروبی می‌گردد (Subramanyam *et al.*, 2017). پرتودهی فروسرخ در مقایسه با سایر روش‌های متداول حرارت‌دهی دارای مزایای متعددی بوده و کیفیت محصول خشک‌شده با آن بالاتر است. در روش فروسرخ انرژی به‌طور مستقیم توسط مواد جذب شده و بدون اینکه محیط اطراف را گرم کند، از طریق منبع تابشی به سطح محصول منتقل می‌شود، درنتیجه اتلاف انرژی کاهش می‌یابد و از نظر مصرف انرژی راندمان بالاتری نسبت به روش‌های سنتی خشک‌کردن محصولات کشاورزی دارد (Pan *et al.*, 2009). گروهی از پژوهشگران از یک خشک‌کن ترکیبی فروسرخ با هوای داغ در سه حالت ترکیبی، فروسرخ به‌تنهایی و هوای داغ به‌تنهایی برای خشک‌کردن سیب‌زمینی و هویج استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده حاکی از کاهش زمان خشک شدن

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: F.Salehi@Basu.ac.ir
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.86757.1315

و کاهش انرژی مصرفی در خشک‌کن ترکیبی نسبت به فروسرخ و هوای داغ بود (Hebbar *et al.*, 2004).

پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند از اکسایش و تغییرات رنگی در شرایط نامناسب جلوگیری کنند. همچنین از کاهش حجم و به دنبال آن افزایش چگالی ظاهری جلوگیری کرده و باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی طی مدت‌زمان نگهداری می‌شوند (Satorabi *et al.*, 2021). کربوهیدرات‌های غذایی و هیدروکلوئیدهای مشتق شده از گیاهان را می‌توان در فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی برای افزایش تجزیه‌پذیری زیستی و در نتیجه کاهش آلودگی محیط‌زیست استفاده کرد. استفاده از پوشش‌های خوراکی در حال حاضر به‌عنوان یک روش مؤثر و سازگار با محیط‌زیست برای نگهداری مواد غذایی شناخته شده و به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Hassan *et al.*, 2018;Lan *et al.*, 2022; Huang *et al.*, 2023). مطالعه نواب و همکاران (Nawab *et al.*, 2017) نشان داد که نشاسته هسته انبه به‌عنوان یک ماده پوشش خوراکی برای گوجه‌فرنگی مناسب است و فرآیند رسیدن را در طول نگهداری بدون به خطر انداختن کیفیت پس از برداشت، کند می‌کند. همچنین، هیچ‌یک از پوشش‌های استفاده شده بر خواص حسی گوجه‌فرنگی تأثیر منفی نداشتند. رنگ سطح و اندازه میوه‌های خشک نیز جزء پارامترهای کیفی مهمی هستند که میزان پذیرش این محصولات را تعیین می‌کنند. متغیرهای فرآیند شامل پیش‌تیمارهای مختلف، پوشش‌های خوراکی، نوع خشک‌کن و شرایط خشک‌کردن بر رنگ محصول خشک‌شده تأثیر می‌گذارند (Kowalska *et al.*, 2021).

صمغ‌ها هیدروکلوئیدهایی هستند که با جذب آب سبب افزایش ویسکوزیته و درنتیجه پایداری برخی از سیستم‌های غذایی می‌شوند. از صمغ‌های مختلف می‌توان برای پوشش‌دهی محصولات کشاورزی در مراحل فرآوری استفاده نمود. علاوه بر این، استفاده از پوشش‌های خوراکی قبل از فرآیند خشک‌کردن یکی از موارد بالقوه پیش‌تیمار برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی خشک‌شده است (Silva *et al.*, 2015). گیاه مرو (*Salvia microsiphon*) از خانواده‌ی نعناعیان می‌باشد. گیاهان متعلق به این خانواده از لحاظ دارویی ارزشمند بوده و در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه مرو به‌اندازه شاهدانه و هم‌رنگ با آن و سه وجهی با ظاهر براق است که یک وجه آن بزرگ‌تر می‌باشد. دارای رگه‌هایی به رنگ قهوه‌ای که از قسمت پایین منشعب شده و سرتاسر دانه را فرا گرفته‌اند که به‌راحتی در آب متورم شده و صمغ موجود در آنها خارج می‌شود (Mirzaii & Mohammadi Sani, 2015). صمغ گزانتان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که به‌وسیله‌ی *گزانتاموناس کمپستریس* تولید می‌شود. واحدهای اصلی سازنده آن گلوکز، مانوز و اسیدگالاکتورونیک می‌باشند. کل ساختار مولکول، به‌وسیله‌ی پیوندهای غیرکووالانسی (پیوند هیدروژنی) پایدار شده است. به‌طور کلی، صمغ گزانتان به علت داشتن ویسکوزیته بالا در غلظت و سرعت برش کم، مدول الاستیک بالا، رفتار رئولوژیکیشل شونده با برش، حساس نبودن به حرارت و سازگاری با نمک، پایداری در اسید، قلیا و آنزیم‌ها در تولید محصولات غذایی کاربرد زیادی دارد (Nsengiyumva & Kang *et al.*, 2023; Alexandridis, 2022).

استفاده از امواج فراصوت برای بهبود کیفیت محصولات غذایی تولید شده به‌طور گسترده توسط پژوهشگران مختلفی بررسی شده است (Dadan *et al.*, 2022;Aadil *et al.*, 2013). عبور موج صوتی از سیالات موجب ارتعاش مولکول‌های آن‌ها، ایجاد انقباض و انبساط در آن‌ها و شکل‌گیری نقاط پرفشار (در فاز انقباض) و کم‌فشار (در فاز انبساط) شده و می‌تواند باعث بروز کاویتاسیون در سیالات شود. در صنایع غذایی امواج فراصوت کاربردهای مختلفی دارند. به‌عنوان مثال می‌توان از این روش به‌عنوان یک پیش‌تیمار قبل از فرآیند خشک‌کردن استفاده نمود (Kroehnke *et al.*, 2021). بررسی و استفاده از روش‌های جدید مانند فراصوت باعث بهبود خصوصیات ظاهری و افزایش کیفیت محصولات خشک‌شده می‌شود. همچنین می‌توان با استفاده از ماهیت مکانیکی امواج فراصوت (ایجاد کاویتاسیون)، زمان خشک‌کردن محصولات کشاورزی را کاهش داد (Salehi, 2023). اثر پیش‌تیمار فراصوت در توان‌ها و دماهای مختلف بر فرآیند خشک‌شدن زغال‌اخته توسط اینانلودوقوز و همکاران (Inanloodoghouz *et al.*, 2023) بررسی شده است. این پژوهشگران گزارش کردند که پیش‌تیمار فراصوت قبل از خشک‌کردن زغال‌اخته‌ها با خشک‌کن فروسرخ، با ایجاد کانال‌های میکروسکوپی در سطح محصول به‌دلیل پدیده کاویتاسیون، سبب سهولت خروج رطوبت از محصول و در نتیجه کاهش زمان خشک‌کردن می‌گردد.

میوه زغال‌اخته ترش‌مزه است و به‌صورت تازه‌خوری استفاده شده و یا از میوه‌ی رسیده‌ی آن کمپوت، مربا، لواشک و میوه خشک تهیه و مصرف می‌شود. این میوه دارای مقادیر کمی گلوکز و ساکارز و سرشار از آهن، کلسیم، اسید فولیک، ویتامین‌های C، B_1، B_2 و E، فلاونوئیدها، اسید اکسالیک و آنتوسیانین است (Ercisli *et al.*, 2011; Ghorbani & Esmaiili, 2022). زغال‌اخته میوه‌ای بسیار فسادپذیر است که برای کاهش ضایعات به مدیریت مناسب پس از برداشت نیاز دارد. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2021) اثر تیمار پس از برداشتی کلرید کلسیم بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه برخی از ژنوتیپ‌های زغال‌اخته را مطالعه کردند. در بین تیمارهای غوطه‌وری، بیشترین و کمترین مقدار سفتی، اسید قابل تیتر و اسیدآسکوربیک به‌ترتیب متعلق به تیمار کلرید کلسیم ۶۰ میلی‌مولار و تیمار شاهد (آب مقطر) بودند. در پژوهشی، تأثیر روش‌های کربن دی اکسید فوق بحرانی و آب زیر بحرانی بر محتوای ترکیبات فنلی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه زغال‌اخته توسط گیلانی و همکاران

(Gillani *et al.*, 2018) بررسی شد. بر اساس نتایج این پژوهش، فعالیت وابسته به غلظت ترکیبات فنلی در مورد اثر آنتی‌رادیکالی و قدرت احیاکنندگی در همه عصاره‌های زغال‌اخته گزارش شده است. لذا می‌توان میوه زغال‌اخته را به‌علت حضور ترکیبات فعال زیستی مانند ترکیبات فنولیک در آن، به‌عنوان منبع مفیدی برای تأمین آنتی اکسیدان‌های طبیعی معرفی نمود.

پوشش‌دهی محصولات کشاورزی و میوه‌ها بااستفاده از صمغ‌های خوراکی باعث افزایش کیفیت ظاهری و بهبود رنگ و کاهش چروکیدگی در فرآیند خشک‌کردن می‌شود (Satorabi *et al.*, 2021). در پژوهشی، تأثیر پوشش خوراکی بر آب‌گیری اسمزی میوه زغال‌اخته توسط کلانتری و همکاران (Kalantari *et al.*, 2016) بررسی شده است. این پژوهشگران گزارش کردند که کمترین میزان جذب مواد جامد محلول، میزان جذب نمک، شربت گلوکز و پکتین و مدت زمان خشک شدن نهایی در نمونه‌های پوشش‌دار اسمز شده و بیشترین میزان از دست دادن آب به‌ترتیب در نمونه‌های اسمز شده بدون پوشش و نمونه‌های اسمز نشده مشاهده شده است.

همچنین می‌توان با استفاده از ماهیت مکانیکی امواج فراصوت پوشش‌دهی محصول با صمغ خوراکی را بهبود بخشید (Eftekhari *et al.*, 2023). علاوه‌بر این، انتظار می‌رود زمان خشک‌کردن میوه زغال‌اخته با استفاده از اشعه فروسرخ کوتاه‌تر شده و باعث به حداقل رسیدن آسیب‌ها حین فرآیند خشک‌کردن شود (Inanloodoghouz *et al.*, 2023). لذا در این پژوهش اثر پیش‌تیمارهای فراصوت و پوشش‌دهی با صمغ‌های مرو و گزانتان بر کیفیت زغال‌اخته خشک‌شده به روش فروسرخ بررسی شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی زغال‌اخته‌ها

برای انجام این پژوهش، زغال‌اخته‌های تازه و رسیده با متوسط قطر ۱ سانتی‌متر از شهرستان الموت استان قزوین تهیه و تا زمان شروع آزمایش‌ها در فریزر با دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری شدند. برای اعمال هر تیمار، ابتدا نمونه‌ها در دمای محیط انجمادزدایی شدند.

استخراج صمغ دانه مرو

ابتدا دانه‌ی مرو از یک عطاری در شهر قزوین تهیه و ناخالصی‌های آن جداسازی شد. سپس برای تهیه صمغ، ابتدا دانه‌ی مرو در دمای محیط با نسبت ۱ به ۲۰ با آب مقطر مخلوط گردید و به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط حاصل استراحت داده شد. سپس برای استخراج صمغ از دستگاه آبمیوه‌گیری (تولیپس، FJ-479، ایران) استفاده و از این صمغ استخراج شده برای پوشش‌دهی نمونه‌ها استفاده شد (Salehi & Inanloodoghouz, 2023).

پوشش‌دهی

نمونه‌ها به سه گروه بدون پوشش (آب مقطر) و پوشش داده شده توسط صمغ‌های گزانتان و مرو شده تقسیم شدند. از پودر صمغ گزانتان تجاری تولید شده توسط شرکت چینی فوفنگ[1] برای تهیه محلول پوشش‌دهی استفاده شد. محلول صمغ گزانتان با غلظت ۰/۲۵ درصد با استفاده از آب مقطر تهیه شد. صمغ استخراج شده از دانه‌ی مرو ابتدا با استفاده از آون خشک و درصد مواد جامد آن محاسبه شد. سپس با استفاده از آب مقطر، غلظت آن در محدوده ۰/۲۵ درصد تنظیم شد. برای اطمینان از غلظت تهیه شده صمغ دانه مرو، مجدد بخشی از محلول تهیه شده داخل آون خشک و درصد مواد جامد آن محاسبه شد.برای هر مرحله پوشش‌دهی، صمغ‌ها به‌صورت مجزا داخل دستگاه حمام فراصوت ریخته شدند و پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری انجام شد.

اعمال تیمار فراصوت

برای اعمال تیمار فراصوت بر زغال‌اخته‌ها، از دستگاه حمام فراصوت ساخت شرکت بکر[2] (ایران) مدل vCLEAN1-L6 با فرکانس‌کاری ۴۰ کیلوهرتز و توان التراسونیک ۷۵ و ۱۵۰ وات استفاده شد. بعد از بررسی مقاله‌های منتشر شده در این زمینه و آزمون و خطا، محدوده دمای حمام فراصوت انتخاب شد. لذا برای اعمال تیمارهای دمایی دمای حمام فراصوت بر روی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. بعد از رسیدن دمای حمام به دماهای مورد نظر، برای هر تکرار، ۳ عدد زغال‌اخته یک شکل انتخاب و درون داخل دستگاه قرار می‌گرفت (۹ عدد برای هر آزمایش) و همزمان تیمارهای فراصوت و دما به‌مدت ۵ دقیقه بر آنها اعمال می‌شد.

خشک‌کردن با فروسرخ

در ابتدای این فرآیند، میوه زغال‌اخته، پس از اعمال تیمار فراصوت در درون دستگاه خشک‌کن فروسرخ (طول، عرض و ارتفاع به‌ترتیب برابر ۴۴، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر) قرار داده شدند. برای پرتودهی از لامپ فروسرخ ۲۵۰ وات تولید شده در شرکت نور (ایران) استفاده شد که میزان فاصله‌ی لامپ فروسرخ از میوه‌های زغال‌اخته ۱۰ سانتی‌متر بود. در این شرایط خشک شدن میوه‌ها انجام و تغییرات وزن نمونه‌ها در طی خشک شدن (تا زمان رسیدن به وزن ثابت) با

1- FuFeng Co. (China)
2- Ultrasonic laboratory bath ,vCLEAN1-L6, Backer, Iran

استفاده از ترازوی دیجیتالی Lutron GM 300 با دقت ۰/۰۱گرم که در زیر دستگاه خشک‌کن قرار گرفته بود، ثبت شد. نمونه‌های خشک شده به‌صورت مجزا، درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی دربسته و عایق نسبت به رطوبت، در داخل یخچال نگهداری شدند.

درصد رطوبت

برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌های تازه و خشک‌شده، ۵ گرم از هر نمونه داخل یک پلیت شیشه‌ای تمیز و خشک ریخته شد. رطوبت نمونه‌ها مطابق روش AOAC (۲۰۱۰) از طریق قرار دادن پلیت حاوی نمونه در آون (شیماز، ایران) با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا دستیابی به وزن ثابت (حدود ۴ ساعت) اندازه‌گیری شد. توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک‌صدم گرم انجام شد.

آبگیری مجدد زغال‌اخته خشک‌شده

برای محاسبه درصد آبگیری مجدد[1] (RR)، زغال‌اخته‌های خشک‌شده توزین، سپس درون حمام آب (مدل R.J42، شرکت پارس آزما، ایران) با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. نمونه‌ها بعد از گذشت ۳۰ دقیقه از آب خارج‌شده و توزین شدند. نسبت باز جذب آب توسط رابطه ۱ محاسبه و گزارش شد (Salehi *et al.*, 2022).

$$RR = \frac{M}{M_0} \times 100 \qquad (۱)$$

در این معادله M وزن زغال‌اخته‌ها بعد از باز جذب آب و M_0 وزن زغال‌اخته‌های خشک می‌باشد.

شاخص تغییرات رنگ

جهت بررسی تغییرات رنگ زغال‌اخته‌های خشک‌شده، از روش پردازش تصویر استفاده گردید. قبل و بعد از فرآیند خشک‌کردن، از نمونه‌ها توسط یک اسکنر اچ‌پی[2] عکس در فرمت JPG تهیه شد. بعد از تبدیل عکس‌ها به فرمت $L^*a^*b^*$ توسط نرم‌افزار ایمیج‌جی[3](version 1.42e, USA)، مؤلفه‌های رنگی آنها شامل مؤلفه‌های روشنایی ـ تیرگی (L^*)، سبزی ـ قرمزی (a^*)، آبی ـ زردی (b^*) به‌دست آمد و از آنها برای محاسبه شاخص تغییرات رنگ (ΔE) استفاده شد. مقادیر شاخص تغییرات رنگ (ΔE) زغال‌اخته خشک‌شده در مقایسه با نمونه تازه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Salehi & Satorabi, 2021).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \qquad (۲)$$

1- Rehydration ratio (RR)
2- Hp Scanjet 300, China
3- ImageJ

تعیین فنل کل

برای میوه‌های خشک‌شده، یک گرم از میوه خشک‌شده با استفاده از هاون دستی خرد شد و با متانول ۸۰٪ به نسبت ۱ به ۱۰ مخلوط گردید و به‌مدت ۲۴ ساعت در دستگاه شیکر در شرایط تاریک قرار گرفت. سپس با استفاده از سانتریفوژ (Universal 320R, Hettich، آلمان) با دور۴۰۰۰ دور در دقیقه مدت ۵ دقیقه فاز جامد و مایع جدا گردید، و از مخلوط دو فازشده به‌آرامی بخش مایع یا همان عصاره مورد نظر استخراج گردید. برای میوه تازه نیز نسبت وزن خشک برابر محاسبه گردید و برابر با یک گرم ماده خشک از میوه تازه استفاده شد (ماده خشک میوه زغال‌اخته حدود ۲۲ درصد بود).

برای اندازه‌گیری فنل کل نمونه‌ها، ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره همراه با ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو (سیگما-آلدریچ، آمریکا) داخل یک لوله آزمایش ریخته شد. بعد از ۵ دقیقه استراحت مخلوط، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم (مرک، آلمان) ۲۰ درصد (وزنی/حجمی) اضافه و ۳۰ ثانیه همزده شد. مخلوط به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط گذاشته شد و سپس ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. مخلوط تهیه شده به‌مدت ۵ دقیقه داخل سانتریفوژ با سرعت ۴ هزار دور در دقیقه قرار داده شد. بعد از دو فاز شدن، جذب محلول رویی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (لاویباند، XD7500، آلمان) در طول‌موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. منحنی کالیبراسیون بر اساس اسید گالیک رسم شد. نتایج فنل کل با واحد معادل میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم ماده خشک گزارش شد (Vega-Gálvez *et al.*, 2009).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

ابتدا محلول ۰/۱ میلی‌مولار رادیکال آزاد[4] DPPH (سیگما-آلدریچ، آمریکا) در متانول تهیه گردید (۰/۰۰۴ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول)، سپس ۲ میلی‌لیتر نمونه و ۲ میلی محلول آماده شده رادیکال آزاد DPPH در یک لوله آزمایش مخلوط شدند. ۳۰ ثانیه به‌شدت مخلوط و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک نگهداری شدند. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی از اختلاف بین مقدار جذب نمونه شاهد و نمونه اصلی نسبت به جذب نمونه شاهد ضرب در ۱۰۰ به‌دست آمد.

ارزیابی حسی

بعد از بررسی نتایج و انتخاب بهترین نمونه از تیمارها، ۴ نمونه زغال‌اخته خشک‌شده که هر کدام با روش‌های متفاوتی تهیه شده بودند، به تعداد زیاد (حدود ۲۰۰ زغال‌اخته خشک شده) تولید و توسط

4- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

۲۵ ارزیاب از نظر خصوصیات حسی بررسی و امتیازدهی شدند. چهار نمونه عبارت بودند از:

۱- زغال‌اخته بدون پوشش همراه با تیمار فراصوت با توان ۱۵۰ وات و دمای ۶۰ درجه سلسیوس.

۲- زغال‌اخته پوشش داده شده با صمغ گزانتان و تیمار شده با فراصوت با توان ۱۵۰ وات در دمای ۶۰ درجه سلسیوس.

۳- زغال‌اخته پوشش داده شده با صمغ مرو و تیمار شده با فراصوت با توان ۱۵۰ وات در دمای ۶۰ درجه سلسیوس.

۴- زغال‌اخته خشک تهیه شده از بازار شهر قزوین.

برگه ارزیابی حسی بر اساس روش هدونیک ۹ نقطه‌ای تهیه شد. ارزیاب‌ها بعد از تست هر نمونه به ۶ ویژگی تعیین شده از ۱ تا ۹ برحسب شدت ویژگی امتیاز دادند که این ۶ ویژگی عبارت بودند از: ۱- چروکیدگی ۲- رنگ ظاهری ۳- پذیرش ظاهری کل ۴- پذیرش طعم ۵- پذیرش بافت ۶- پذیرش کلی.

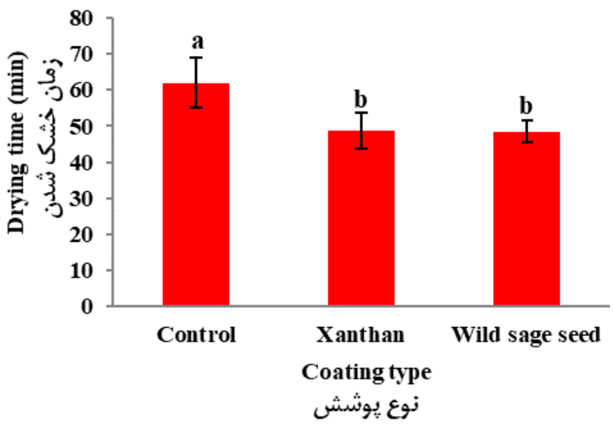
آنالیز آماری

در این پژوهش، تأثیر توان اعمال شده توسط دستگاه فراصوت در سه سطح ۰، ۷۵ و ۱۵۰ وات و اثر دمای تیماردهی در سه سطح ۲۰°C، ۴۰°C و ۶۰°C بر آبگیری مجدد و شاخص تغییرات رنگ کلی زغال‌اخته خشک‌شده بررسی شد. همچنین اثر پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و دانه مرو بر حفظ ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات حسی محصول ارزیابی گردید. این پژوهش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. آزمون‌های خشک‌کردن در سه تکرار انجام و برای مقایسه میانگین پاسخ‌های مشاهده شده، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel (۲۰۰۷) استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر پوشش‌دهی بر سینتیک انتقال جرم زغال‌اخته

متوسط زمان خشک شدن زغال‌اخته در تیمار آب مقطر (بدون پوشش‌دهی) ۶۲ دقیقه بود و متوسط زمان خشک شدن زغال‌اخته در تیمارهای پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و دانه مرو به‌ترتیب برابر با ۴۸/۷ دقیقه و ۴۸/۴ دقیقه بود. شکل ۱ تأثیر پوشش‌دهی بر زمان خشک شدن است و مشاهده می‌شود که از نظر زمان خشک شدن بین تیمار بدون پوشش‌دهی (آب مقطر) و پوشش‌دهی با صمغ‌های گزانتان و دانه‌ی مرو اختلاف معنی‌داری دارد و بین پوشش‌دهی با دو نوع صمغ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۱- اثر پوشش‌دهی بر زمان خشک شدن زغال‌اخته

Fig. 1. Effect of coating on the drying time of cornelian cherry

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate significant difference (p<0.05)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)

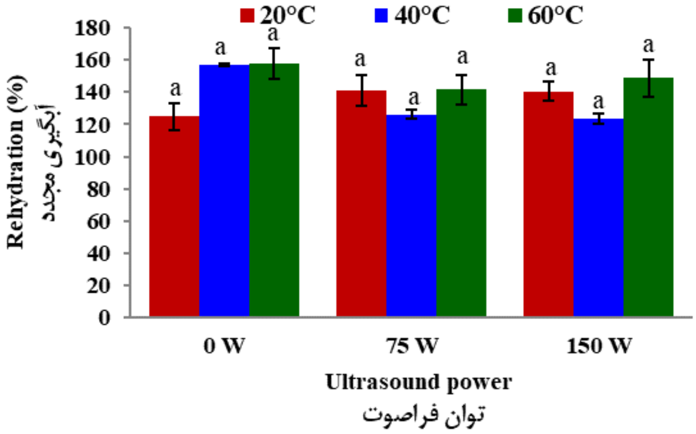
آبگیری مجدد

آبگیری مجدد یکی از خواص مهمی است که برای اندازه‌گیری کیفیت مواد غذایی خشک استفاده می‌شود. همچنین می‌تواند به‌عنوان معیاری برای آسیب ناشی از خشک‌کردن یا تیمار قبل از خشک شدن در نظر گرفته شود. آبگیری مجدد آهسته یا ضعیف، به‌دلیل فروپاشی داخلی بافت می‌باشد (Al-Khuseibi *et al.*, 2005). با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده و بررسی‌های آماری، میزان آبگیری مجدد در بین تیمارهای مختلف این پژوهش ازجمله اثر توان و دمای فراصوت بر زغال‌اخته خشک‌شده بدون پوشش‌دهی (شکل ۲)، اثر توان و دمای فراصوت بر زغال‌اخته‌های خشک‌شده با پوشش‌دهی صمغ گزانتان

(شکل ۳)، نشان داد که اختلاف معناداری از نظر آبگیری مجدد بین هیچ‌کدام از تیمارها وجود ندارد. متوسط آبگیری مجدد تمامی نمونه‌ها برابر با ۱۳۹/۶۵ درصد بود. در شکل ۴ نیز تأثیر توان و دمای فراصوت بر آبگیری مجدد زغال‌اخته پوشش‌دهی شده با صمغ دانه مرو گزارش شده است. صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2024)، در پژوهش بر روی اثر تیماردهی با امواج مایکروویو بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کارایی فرآیند خشک شدن آلبالو گزارش کردند که اثر زمان اعمال تیمار ماکروویو بر آبگیری مجدد آلبالوهای خشک تأثیر معنی‌داری نداشته است (p>۰/۰۵). همچنین در این پژوهش متوسط درصد آبگیری مجدد آلبالوهای خشک‌شده ۱۱۶/۶۵ درصد گزارش شده است.

شاخص تغییرات رنگ

در این پژوهش، میانگین مقادیر اولیه شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی برای نمونه تازه زغال‌اخته به‌ترتیب برابر ۲۵/۲۹، ۴۰/۸۴ و ۲۶/۵۳ بود. شکل ۵ تأثیر تیمار فراصوت بر شاخص تغییرات رنگ (ΔE) زغال‌اخته خشک‌شده بدون تیمار را نشان می‌دهد. تفاوت معنی‌داری بین توان‌های فراصوت صفر با توان ۷۵ و ۱۵۰ وات دیده می‌شود (p<۰/۰۵). پیش‌تیمار فراصوت در هر دو توان ۷۵ و ۱۵۰ تأثیری کاهشی بر روند تغییرات رنگ داشت که حاکی از بهبود رنگ و جلوگیری از تغییر رنگ (کاهش بازارپسندی محصول) دارد. با افزایش توان فراصوت به ۱۵۰ وات تغییرات رنگ کاهش یافت اما تفاوت معنی‌داری با توان ۷۵ وات نداشت (p>۰/۰۵).

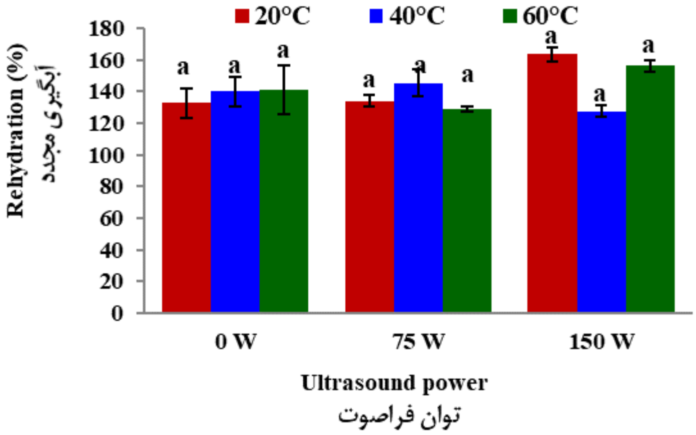


شکل ۲- تأثیر توان و دمای فراصوت بر آبگیری مجدد زغال‌اخته بدون پوشش

Fig. 2. Effect of ultrasonic power and temperature on rehydration of uncoated cornelian cherry

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Same letters above the columns indicate no significant difference between means (p>0.05)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف یکسان بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها است (p>۰/۰۵)



شکل ۳- تأثیر توان و دمای فراصوت بر آبگیری مجدد زغال‌اخته پوشش‌دهی شده با صمغ گزانتان

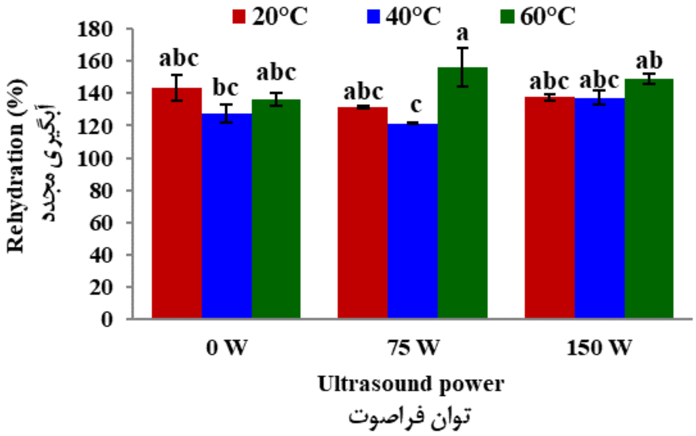
Fig. 3. Effect of ultrasonic power and temperature on rehydration of cornelian cherry coated with xanthan gum

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Same letters above the columns indicate no significant difference between means (p>0.05)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف یکسان بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها است (p>۰/۰۵)

شکل ۶ تأثیر دمای فراصوت بر تغییرات رنگ را نشان می‌دهد. مقدار عددی شاخص تغییرات رنگ در تیمارهای دمای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب برابر با ۱۸/۱۶، ۲۳/۸۳ و ۱۸/۱۲ بود. البته با توجه به حروف معنی‌داری، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود نداشت (p>۰/۰۵).

با افزایش توان فراصوت، میزان تغییرات رنگ طی فرآیند خشک‌کردن زغال‌اخته پوشش‌دهی شده با صمغ‌های گزانتان و صمغ دانه مرو کاهش یافت. به‌طوری‌که برای نمونه‌های پوشش داده شده با صمغ دانه مرو در توان‌های ۰، ۷۵ و ۱۵۰ وات به‌ترتیب برابر با ۳۳/۱۶، ۲۷/۱۱ و ۲۵/۸ بود، اما تفاوت معنی‌داری بین توان‌های مختلف وجود نداشت (p>۰/۰۵). در تیمار دمای فراصوت هم مقادیر به‌دست‌آمده برای تغییرات رنگ در دماهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب برابر ۲۱/۸، ۲۸/۲ و ۲۳/۸ بود که دمای فرآیند در پارامتر تغییرات رنگ زغال‌اخته پوشش‌دهی شده با صمغ‌های گزانتان و صمغ دانه مرو تأثیر معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). تأثیر پوشش‌دهی بر تغییرات رنگ نیز مورد بررسی قرار گرفت که میزان تغییرات رنگ در تیمارهای بدون پوشش، با پوشش صمغ گزانتان و صمغ دانه مرو برابر با ۲۶/۷۱، ۲۶/۰۲ و ۳۱/۳۶ بود که تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت (p>۰/۰۵).

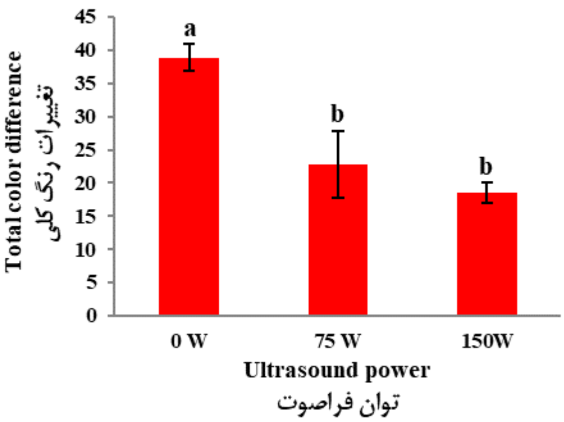


شکل ٤- تأثیر توان و دمای فراصوت بر آبگیری مجدد زغال‌اخته پوشش‌دهی شده با صمغ دانه مرو

Fig. 4. Effect of ultrasonic power and temperature on rehydration of cornelian cherry coated with wild sage seed gum

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)

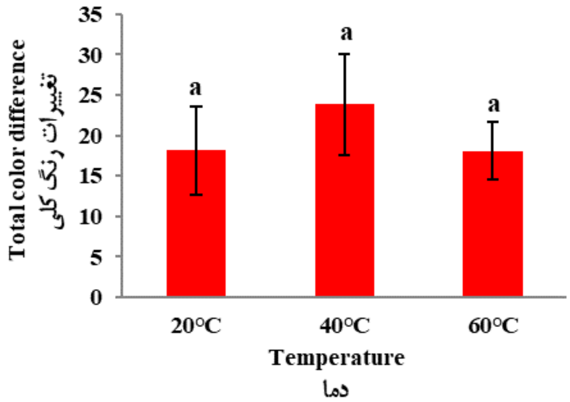


شکل ٥- اثر توان فراصوت بر تغییرات رنگ کلی زغال‌اخته بدون پوشش

Fig. 5. Effect of ultrasound power on total color difference of uncoated cornelian cherry

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)



شکل ٦- اثر دمای فراصوت بر تغییرات رنگ کلی زغال‌اخته بدون پوشش

Fig. 6. Effect of ultrasound temperature on total color difference of uncoated cornelian cherry

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Same letters above the columns indicate no significant difference between means (p>0.05)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف یکسان بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار بین میانگین‌ها است (p>۰/۰۵)

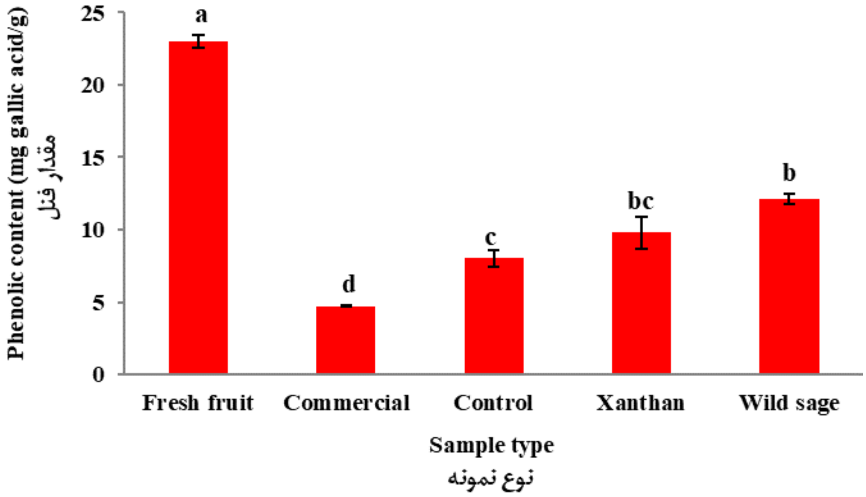
ترکیبات فنلی کل

میوه‌ها سرشار از ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی هستند که با توجه به نقش مفید در سلامتی انسان حائز اهمیت‌اند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در بخش‌های قبلی، توان ۱۵۰ وات و دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌عنوان بهترین شرایط برای تیماردهی زغال‌اخته با فراصوت انتخاب شد. سپس در این شرایط، نمونه‌های مختلف با پوشش‌های متفاوت تهیه و در ادامه اثر پوشش بر خصوصیات نمونه‌های خشک‌شده بررسی شد. در شکل ۷ نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل تیمارهای مختلف نشان داده شده است. در این مطالعه میزان فنل کل میوه زغال‌اخته خشک نشده (با نسبت ماده خشک برابر با نمونه خشک‌شده)، نمونه خشک‌شده بازاری که از شهر قزوین تهیه گردید، زغال‌اخته‌های خشک‌شده بدون پوشش‌دهی و خشک‌شده در خشک‌کن فروسرخ، زغال‌اخته با پوشش‌های صمغ گزانتان و صمغ دانه‌ی مرو اندازه‌گیری شد و مقدار فنل کل آنها به ترتیب برابر ۲۳/۰، ۴/۷، ۸/۰، ۹/۸ و ۱۲/۱ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم بودند. با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده، میوه زغال‌اخته منبع غنی از ترکیبات فنلی می‌باشد و در فرآیند خشک کردن معمولی (آفتابی) دچار افت قابل‌توجهی می‌شود؛ به‌طوری‌که کمترین میزان ترکیبات فنلی کل مربوط به نمونه‌ی بازاری بود و تمام تیمارهای مختلف خشک‌کن فروسرخ اختلاف معنی‌داری با نمونه بازاری داشتند. همچنین همان‌گونه که در این شکل ملاحظه می‌شود نمونه پوشش‌دهی شده با صمغ دانه‌ی مرو کیفیت بهتری از نظر میزان ترکیبات فنلی نسبت به نمونه پوشش‌دهی شده با صمغ گزانتان و نمونه بدون پوشش داشت. بالاتر بودن میزان ترکیبات فنلی در نمونه‌های تیمار شده می‌تواند مربوط به کاهش سرعت تنفس در این تیمارها باشد که منجر به کاهش در تجزیه این ترکیبات می‌گردد (Ghasemi *et al.*, 2021). همچنین، فنل‌ها در طول دوره نگهداری به‌دلیل اینکه سوبسترا آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز می‌باشند به‌وسیله این آنزیم تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کاهش بیشتر مقدار فنل در نمونه‌های تیمار شده با آب مقطر (نمونه بدون پوشش)، می‌تواند به خاطر اکسیداسیون سریع فلاونوئیدها و ترکیبات فنلی باشد که به‌طور مستقیم با اکسیژن در تماس می‌باشند (Day, 2000).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج حاصل از بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH در این پژوهش نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد (شکل ۸). نمونه میوه تازه با ۷۱ درصد بالاترین میزان مهارکنندگی را در بین نمونه‌ها دارا بود. در تمامی تیمارها، فرآیند خشک‌کردن باعث کاهش معنی‌داری در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان میوه زغال‌اخته گردید. همچنین نمونه بازاری با اختلاف معنی‌داری کمترین میزان مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH را داشت و در بین نمونه‌های تیمار شده با پوشش‌دهی نیز نمونه بدون پوشش (آب مقطر) و نمونه پوشش‌دهی شده با صمغ دانه‌ی مرو به‌ترتیب با ۶۰/۵ و ۶۲/۶ درصد مهارکنندگی با اختلاف معنی‌داری از پوشش‌دهی با صمغ گزانتان (۵۱/۹ درصد)، محصول بهتری بودند و در این نمونه‌ها میزان کمتری از فعالیت آنتی‌اکسیدانی افت نمود. گیلانی و همکاران (Gillani *et al.*, 2018) گزارش کردند که عصاره میوه زغال‌اخته حاصل از روش کربن دی‌اکسید فوق بحرانی، بیشترین میزان ترکیبات

فنلی و بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشته است. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2023) با بررسی اثر ترکیبی توان ماکروویو–غلظت پوشش خوراکی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی برش‌های میوه سیب خشک‌شده گزارش کردند که با افزایش غلظت پوشش‌های خوراکی (صمغ‌های ریحان، مرو و کیتوزان) میزان فعالیت مهارکنندگی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت که علت این امر را به خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود پوشش‌ها و همچنین توانایی بالای آنها در حفظ این ترکیبات نسبت دادند.

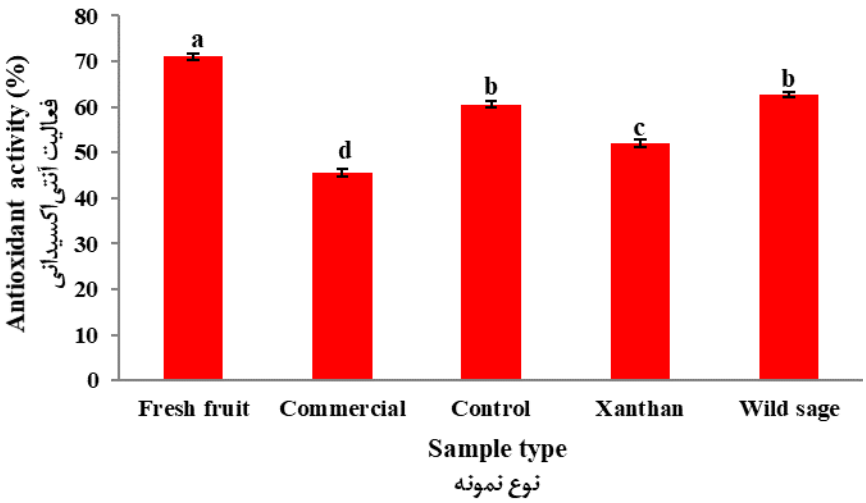


شکل ۷- اثر پوشش‌دهی بر مقدار فنل زغال‌اخته خشک‌شده (۱۵۰ وات و ٦٠°C)

Fig. 7. Effect of coating on the phenolic content of dried cornelian cherry (150W and 60°C)

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)



شکل ۸- اثر پوشش‌دهی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی زغال‌اخته خشک‌شده (۱۵۰ وات و ٦٠°C)

Fig. 8. Effect of coating on the antioxidant activity of dried cornelian cherry (150 W and 60°C)

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate significant difference ($p<0.05$)

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)

ارزیابی حسی

بازارپسندی و مطلوبیت مواد غذایی از نظر مصرف‌کننده به ویژگی های خاصی از جمله رنگ، ظاهر، طعم و بافت بستگی دارد. جدول ۱ ویژگی‌های حسی امتیازدهی شده توسط ارزیاب‌ها را شرح می‌دهد. ملاحظه می‌شود که نمونه میوه خشک بازاری کمترین امتیاز را به دست آورد و در همه‌ی ویژگی‌ها اختلاف معنی‌داری با همه‌ی نمونه‌ها داشت. در مقابل نمونه خشک‌شده با پوشش صمغ مرو نیز نسبت به سایر نمونه‌ها امتیاز بیشتری را کسب کرد. نمونه پوشش‌دهی شده با صمغ گزانتان و نمونه بدون پوشش (آب مقطر) نیز هر چند در برخی از فاکتورها اختلافات معنی‌دار دارند؛ اما از نظر پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری نداشتند. استفاده از روش فروسرخ و پوشش‌دهی محصولات کشاورزی قبل از فرآیند خشک‌کردن، باعث افزایش بازارپسندی می‌شود (Satorabi *et al.*, 2021) و در کنار افزایش مطلوبیت مصرف‌کننده، این نمونه‌ها ارزش غذایی بیشتری نیز دارند که می‌توانند برای سلامت جامعه مفید باشند. لذا، با توجه به امتیاز بالای نمونه پوشش داده شده با صمغ دانه مرو، استفاده از این صمغ برای پوشش‌دهی زغال‌اخته قبل از فرآیند خشک‌کردن این محصول توصیه می‌شود.

جدول ۱- ویژگی‌های حسی نمونه‌های مختلف زغال‌اخته خشک‌شده

Table 1- Sensory characteristics of different dried cornelian cherry samples

نمونه Sample	چروکیدگی Shrinkage	رنگ Color	پذیرش ظاهری Appearance acceptance	پذیرش طعم Flavor acceptance	پذیرش بافت Texture acceptance	پذیرش کلی Total acceptance
بازاری Commercial	4.24±1.15 b	3.36±0.93 c	3.20±0.81 c	1.80±0.51 c	1.60±0.45 c	2.36±0.65 c
بدون پوشش Uncoated	5.84±1.04 a	6.08±0.82 b	5.68±1.06 b	5.72±0.67 b	5.69±0.96b	6.04±0.82b
گزانتان Xanthan	6.72±0.92a	6.76±0.87ab	7.24±0.85a	6.40±0.76b	6.40±0.75a	6.76±0.82b
دانه مرو Wild sage	6.72±0.95a	7.36±0.76a	7.68±0.74a	7.28±0.81a	7.64±0.66a	7.72±0.66a

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است (N=۳). حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار است (p<۰/۰۵)

Data are shown as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters within each column represent significance difference (p<0.05).

نتیجه‌گیری

فصل برداشت میوه‌ها محدود و میزان ضایعات آن‌ها قابل‌توجه است. استفاده از روش‌های سنتی برای خشک‌کردن کردن میوه‌ها سبب آسیب به محصول و کاهش ویژگی‌های مفید و سلامتی بخش آنها می‌شود. در این پژوهش اثر پیش‌تیمار فراصوت در دماهای مختلف بر کیفیت زغال‌اخته در یک خشک‌کن آزمایشگاهی فروسرخ مورد مطالعه قرار گرفت. اختلاف معناداری از نظر آبگیری مجدد بین نمونه‌های خشک‌شده وجود نداشت. با افزایش تغییر رنگ میزان مطلوبیت و بازارپسندی کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش توان فراصوت هنگام تیماردهی زغال‌اخته بدون پوشش، باعث کاهش تغییرات رنگ محصول و حفظ رنگ طبیعی محصول شد. تیمارهای پوشش‌دهی و سایر تیمارهای توان و دمای فراصوت هر چند تأثیر مثبتی در کاهش تغییرات رنگ داشتند، اما این تغییرات معنی‌دار نبودند. فرآیند خشک‌کردن باعث کاهش ترکیبات فنلی شد، به‌طوری‌که زغال‌اخته تازه حاوی ۲۳/۰ میلی‌گرم اسید گالیک در یک گرم بود، اما سایر تیمارهای بررسی‌شده با تفاوت معنی‌داری مقدار کمتری ترکیبات فنلی داشتند. کمترین مقدار ترکیبات فنلی با ۴/۷ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم مربوط به نمونه بازاری بود که حاکی از افت قابل‌توجه این ترکیبات طی فرآیندهای متداول خشک کردن دارد. پوشش‌دهی باعث حفظ بیشتر ترکیبات فنلی شد. نمونه تازه زغال‌اخته فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد که طی فرآیند خشک‌کردن، بخشی از آن از بین می‌رود. در این پژوهش، صمغ گیاهی دانه مرو بدون استفاده از مواد شیمیایی استخراج شد و همراه با فراصوت، تا حدودی باعث حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی زغال‌اخته خشک‌شده شد. بین نمونه‌های خشک‌شده، نمونه پوشش داده شده با صمغ دانه مرو بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان داد. همچنین نمونه بازاری با اختلاف معنی‌داری کمترین میزان مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH را داشت (p<۰/۰۵). در این پژوهش ارزیابی حسی محصولات تولید شده با تیمارهای مختلف نشان داد محصولات پوشش‌دهی شده بخصوص با صمغ دانه‌ی مرو مطلوب‌تر از نمونه بدون پوشش هستند و نمونه بازاری کمترین مطلوبیت و بازارپسندی را داشت.

میزان مشارکت

معین اینانلودوقوز: مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، تحقیق و بررسی، نرم‌افزار، نوشتن- پیش‌نویس اصلی. **فخرالدین صالحی:** مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، تأمین مالی، تحقیق و بررسی، مدیریت پروژه، نرم‌افزار، نظارت، اعتبارسنجی، نوشتن- پیش‌نویس اصلی، نوشتن- بررسی و ویرایش. **مصطفی کرمی:** نظارت، نوشتن- پیش‌نویس اصلی.

اشرف گوهری‌اردبیلی: نظارت، نوشتن- پیش‌نویس اصلی.

منابع تأمین مالی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای معین اینانلودوقوز که در سال ۱۴۰۲ در دانشگاه بوعلی سینا انجام شد، مستخرج شده است. هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ۴۰۲۱۷۴، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا جهت حمایت مالی از این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Aadil, R.M., Zeng, X.-A., Han, Z., & Sun, D.-W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, *141*(3), 3201-3206. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.008
2. Al-Khuseibi, M.K., Sablani, S.S., & Perera, C.O. (2005). Comparison of water blanching and high hydrostatic pressure effects on drying kinetics and quality of potato. *Drying Technology*, *23*(12), 2449-2461. https://doi.org/10.1080/07373930500340734
3. Dadan, M., Grobelna, A., Kalisz, S., & Witrowa-Rajchert, D. (2022). The impact of ultrasound-assisted thawing on the bioactive components in juices obtained from blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, *89*, 106156. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106156
4. Day, B. (2000). Modified atmosphere packaging of fresh fruit and vegetables–an overview, *IV International Conference on Postharvest Science 553*, 585-590.
5. Eftekhari, A., Salehi, F., Gohari Ardabili, A., & Aghajani, N. (2023). Effects of basil seed and guar gums coatings on sensory attributes and quality of dehydrated orange slices using osmotic-ultrasound method. *International Journal of Biological Macromolecules*, *253*, 127056. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127056
6. Ercisli, S., Yilmaz, S.O., Gadze, J., Dzubur, A., Hadziabulic, S., & Aliman, Y. (2011). Some fruit characteristics of cornelian cherries (*Cornus mas* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *39*(1), 255-259.
7. Ghasemi, S., Ghasemi, M., Nejatian, M.A., & Golmohammadi, M. (2021). Effect of postharvest calcium chloride treatment on the fruit quality and storage life of some Cornelean cherry genotypes (*Cornus mas* L). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *18*(116), 131-141. https://doi.org/10.52547/fsct.18.116.131
8. Ghorbani, R., & Esmaiili, M. (2022). Investigation of the effect of ultrasound pretreatment on shrinkage of cornelian cherry during hot air drying. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(123), 15-26. https://doi.org/10.52547/fsct.19.123.15
9. Gillani, F., Raftani Amiri, Z., & Esmaeilzade Kenari, R. (2018). Comparison of the effect of supercritical carbon dioxide and subcritical water methods on the phenolic content and antioxidant properties of *Cornus mas* L. fruit. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *15*(74), 128-119.
10. Hassan, B., Chatha, S.A.S., Hussain, A.I., Zia, K.M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, *109*, 1095-1107. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097
11. Hebbar, H.U., Vishwanathan, K., & Ramesh, M. (2004). Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *Journal of Food Engineering*, *65*(4), 557-563.
12. Huang, X., Hong, M., Wang, L., Meng, Q., Ke, Q., & Kou, X. (2023). Bioadhesive and antibacterial edible coating of EGCG-grafted pectin for improving the quality of grapes during storage. *Food Hydrocolloids*, *136*, 108255. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108255
13. Inanloodoghouz, M., Salehi, F., Karami, M., & Gohari Ardabili, A. (2023). The effect of ultrasound pretreatment at different powers and temperatures on the drying process of cornelian cherry. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *20*(134), 109-118. https://doi.org/10.22034/FSCT.19.134.109
14. Kalantari, M., Golmakani, M.T., Riahin, M.M., Sharifi, A., & Seraji, A. (2016). The effect of edible coating on osmotic dehydration of blueberries and studying its physio-chemical properties. *Innovation in Food Science and Technology*, *7*(4), 31-39.
15. Kang, J., Yue, H., Li, X., He, C., Li, Q., Cheng, L., Zhang, J., Liu, Y., Wang, S., & Guo, Q. (2023). Structural, rheological and functional properties of ultrasonic treated xanthan gums. *International Journal of Biological Macromolecules*, *246*, 125650. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125650

16. Karami, S., Farahmandfar, R., Farmani, J., Raftani Amiri, Z., & Motevali, A. (2023). Evaluating combined effect of microwave power-edible coating on physicochemical properties of dried apple slices. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *20*(134), 1-16. https://doi.org/10.22034/fsct.19.134.16
17. Kowalska, H., Marzec, A., Domian, E., Kowalska, J., Ciurzyńska, A., & Galus, S. (2021). Edible coatings as osmotic dehydration pretreatment in nutrient- enhanced fruit or vegetable snacks development: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *20*(6), 5641-5674.
18. Kroehnke, J., Szadzińska, J., Radziejewska-Kubzdela, E., Biegańska-Marecik, R., Musielak, G., & Mierzwa, D. (2021). Osmotic dehydration and convective drying of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*)–The influence of ultrasound on process kinetics and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, *71*, 105377. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105377
19. Lan, W., Sun, Y., Liu, S., Guan, Y., Zhu, S., & Xie, J. (2022). Effects of ultrasound-assisted chitosan grafted caffeic acid coating on the quality and microbial composition of pompano during ice storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, *86*, 106032. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106032
20. Mirzaii, S.M., & Mohammadi Sani, A. (2015). Replacement of Salep with *Salvia macrosiphon* Boiss and its impact on physicochemical and sensory properties of traditional ice cream. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *13*(54), 95-104.
21. Nawab, A., Alam, F., & Hasnain, A. (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, *103*, 581-586. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.05.057
22. Nsengiyumva, E.M., & Alexandridis, P. (2022). Xanthan gum in aqueous solutions: Fundamentals and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, *216*, 583-604. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.189
23. Pan, Z., Li, X., Bingol, G., McHugh, T., & Atungulu, G. (2009). Development of infrared radiation heating method for sustainable tomato peeling. *Applied Engineering in Agriculture*, *25*(6), 935-941.
24. Salehi, F. (2023). Recent advances in the ultrasound-assisted osmotic dehydration of agricultural products: A review. *Food Bioscience*, *51*, 102307. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102307
25. Salehi, F., Cheraghi, R., & Rasouli, M. (2022). Mass transfer kinetics (soluble solids gain and water loss) of ultrasound-assisted osmotic dehydration of apple slices. *Scientific Reports*, *12*(1), 15392. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19826-w
26. Salehi, F., & Inanloodoghouz, M. (2023). Rheological properties and color indexes of ultrasonic treated aqueous solutions of basil, Lallemantia, and wild sage gums. *International Journal of Biological Macromolecules*, *253*, 127828. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127828
27. Salehi, F., Inanloodoghouz, M., Ghazvineh, S., & Moradkhani, P. (2024). Effect of microwave treatment on physicochemical characteristics and efficiency of sour cherry drying process. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.83605.1272
28. Salehi, F., & Satorabi, M. (2021). Effect of basil seed and xanthan gums coating on colour and surface change kinetics of peach slices during infrared drying. *Acta Technologica Agriculturae*, *24*(3), 150-156. https://doi.org/10.2478/ata-2021-0025
29. Satorabi, M., Salehi, F., & Rasouli, M. (2021). The influence of xanthan and balangu seed gums coats on the kinetics of infrared drying of apricot slices: GA-ANN and ANFIS modeling. *International Journal of Fruit Science*, *21*(1), 468-480. https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1898520
30. Silva, K.S., Garcia, C.C., Amado, L.R., & Mauro, M.A. (2015). Effects of edible coatings on convective drying and characteristics of the dried pineapple. *Food and Bioprocess Technology*, *8*(7), 1465-1475. https://doi.org/10.1007/s11947-015-1495-y
31. Subramanyam, R., Narayanan, M., & Rao, D.G. (2017). Engineering studies on moisture diffusivity of solid food products during processing-A review. *ChemBioEng Reviews*, *4*(5), 304-309. https://doi.org/10.1002/cben.201600018
32. Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, *117*(4), 647-653. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.066